

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
in this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月22日

願 番 号

Application Number:

特願2000-079896

願 人

Applicant(s):

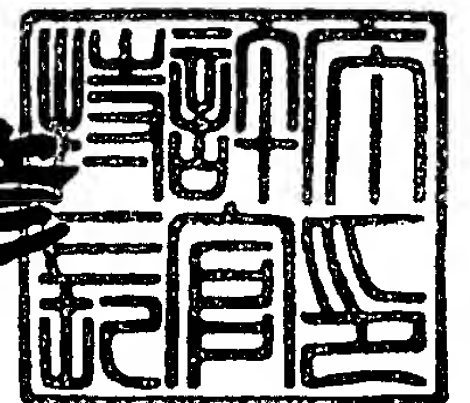
松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT.

2000年 6月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 2022520115

【提出日】 平成12年 3月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 11/00  
H04L 27/22

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中原 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 田中 宏一郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 白方 亨宗

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 木村 知弘

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 原田 泰男

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM信号の伝送方法、送信装置及び受信装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信側から受信側へ向けてOFDM信号を伝送する方法であって、前記OFDM信号は、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相を有するパイロットシンボルとを含み、前記送信側において、前記パイロットシンボルは、一つまたは複数の前記データシンボルの間に挿入されて、前記データシンボルとともに送信され、前記受信側において、受信されたパイロットシンボルは、受信されたデータシンボルの伝送路歪、時間同期ずれ、周波数ずれ、及び残留位相誤差によって生じる伝送路の周波数応答の変動補償に用いられることを特徴とする、OFDM信号の伝送方法。

【請求項2】 前記パイロットシンボルを構成するサブキャリアは、全てが所定の振幅と位相を有するパイロットキャリアであることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項3】 前記パイロットシンボルが、一つまたは複数の前記データシンボルの間に周期的に挿入されることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項4】 前記パイロットシンボルが、一つまたは複数の前記データシンボルの間に不等間隔に挿入されることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項5】 前記パイロットシンボルが、複数個連続で挿入されることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項6】 前記データシンボルに挿入される間隔および1箇所あたりに挿入される前記パイロットシンボルの個数を、伝送路の状況に応じて適応的に変えることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項7】 前記データシンボルに挿入される間隔及び1箇所あたりに挿入される前記パイロットシンボルの個数が、送出するOFDM信号に含まれる制御情報によって示されることを特徴とする請求項1記載のOFDM信号の伝送方法。

【請求項 8】 前記伝送路の周波数応答の変動補償には、最も近いパイロットシンボル相互間の周波数応答の差から、時系列直線近似値として算出された補償ベクトルが用いられることを特徴とする請求項 1 記載の OFDM 信号の伝送方法。

【請求項 9】 受信側へ向けて OFDM 信号を送信する送信装置であって、送信データが入力されて、OFDM データシンボルを生成するデータシンボル生成部と、OFDM パイロットシンボルを生成するパイロットシンボル生成部と、一つまたは複数の前記データシンボルの間に、前記パイロットシンボルが挿入されるように、前記データシンボル生成部および前記パイロットシンボル生成部から入力される信号を切り替えて出力するシンボル選択部を備える OFDM 信号の送信装置。

【請求項 10】 前記データシンボル生成部は、送信データが入力されて、周波数軸上のデータシンボルを生成する周波数軸上データシンボル生成部と、周波数軸上データシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含み、前記パイロットシンボル生成部は、周波数軸上のパイロットシンボルを生成する周波数軸上パイロットシンボル生成部と、周波数軸上パイロットシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含む請求項 10 記載の OFDM 信号の送信装置。

【請求項 11】 送信側から送信され、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相を有し、一つまたは複数の前記データシンボルの間に挿入されるパイロットシンボルとを含んだ OFDM 信号を受信する受信装置であって、受信された前記 OFDM 信号をフーリエ変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された信号から前記パイロットシンボルを検出し、前記フーリエ変換部から出力された信号に対して伝送路の周波数応答の変動を補償する伝送路周波数応答変動補償部と、伝送路の周波数応答の変動を補償された信号が入力された復調データを出力する復調部とを備える OFDM 信号の受信装置。

【請求項 12】 前記伝送路周波数応答補償部は、或るパイロットシンボルの周波数応答と、受信側で用意される参照パイロットシンボルの周波数応答と、最

も近いパイロットシンボルの周波数応答とを用い、受信された前記データシンボルの周波数応答が所定の周波数応答に一致するような補償ベクトルを算出して補償することを特徴とする請求項 1 1 記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 1 3】 前記補償ベクトルは、最も近いパイロットシンボル相互間の周波数応答変動量から、時系列直線近似値として算出されることを特徴とする請求項 1 1 記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 1 4】 前記伝送路周波数応答補償部は、任意のパイロットシンボルである第 1 のパイロットシンボルと当該第 1 のパイロットシンボルの後に伝送される第 2 のパイロットシンボルとを検出するパイロット検出部と、前記第 1 のパイロットシンボルの周波数応答を受信側で用意する参照パイロットシンボルの周波数応答で除して第 1 パイロットシンボル伝送路周波数応答を算出する第 1 のパイロットシンボル伝送路周波数応答算出部と、前記第 2 のパイロットシンボルの周波数応答を受信側で用意する参照パイロットシンボルの周波数応答で除して第 2 パイロットシンボル伝送路周波数応答を算出する第 2 パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部と、前記第 1 パイロットシンボル伝送路周波数応答と前記第 2 パイロットシンボル伝送路周波数応答とから補償ベクトルを求める補償ベクトル算出部とを備える請求項 1 1 記載の OFDM 信号の受信装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 以下、OFDM と称す) 伝送方式に関し、より特定的には、有線または無線の伝送路を介し、OFDM 信号を用いてデータを伝送する方法及びその送受信装置に関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

OFDM 伝送方式においては、伝送路中の歪、時間同期ずれ、送信側と受信側との間の周波数ずれや、受信機の局部発振器における位相ノイズなどに起因する位相誤差などが、復調特性の劣化を招くことが知られている。このように復調特

性の劣化を招く、受信信号が受けた誤差要因を以下では周波数応答変動と呼ぶ。

【 0 0 0 3 】

ここで、一般的に、OFDM信号の伝送において、送信機は、受信機との同期をとるために、1シンボル長よりも長い時間長を有するプリアンプル部を送信する信号に挿入することが多い。このプリアンプル部を利用することによって、伝送路の周波数応答を正確に推定することができる。もっとも、プリアンプル部が頻繁に挿入されれば、精度よく伝送路の周波数応答を推定できる反面、伝送速度が著しく低下する。

【 0 0 0 4 】

そこで、従来においては、例えば、特開平8-265293号公報に示されるように、データシンボルにおけるデータキャリアの間に、一つないし複数のパイロットキャリアを挿入する方法がとられる。

【 0 0 0 5 】

ところで、OFDM信号は、いくつかのサブキャリアを含んだ、一定の時間長を有する複数のシンボルによって構成される。上述のデータキャリアもパイロットキャリアも、サブキャリアの一つである。上述の従来例においては、1つのデータシンボルごとに、当該データシンボルに含まれるパイロットキャリアの位相誤差を検出して、その誤差を補償する。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のような従来例によれば、伝送路中に大きな雑音が生じている環境下や、マルチパスフェージング環境下において、1シンボルあたりのパイロットキャリアの数が少ない場合には、位相誤差の検出精度が劣化するという問題が生じる。また、パイロットキャリアの数を多くすれば、位相誤差の検出精度を上げることができるが、反面、占有周波数帯域幅が広がり、また、伝送速度が低下するという問題が生じる。また、伝送路歪によって生じる振幅誤差まで補償することは困難である。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、伝送路中に大きな雑音が生じている環境下やマルチパスフ



ェージング環境下においても、伝送速度を低下させないで、精度よく、伝送路歪、時間同期ずれ、送受信間の周波数ずれや、残留位相誤差によって生じる伝送路の周波数応答の変動を、シンボルに含まれる全てのサブキャリアに対して補償し、低い誤り率でOFDM信号を伝送する方法と、そのための送受信装置を提供することを目的とするものである。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

第1の発明は、送信側から受信側へ向けてOFDM信号を伝送する方法であって、OFDM信号は、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相とを有するパイロットシンボルとを含み、送信側において、パイロットシンボルは、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されて、データシンボルとともに送信され、受信側において、受信されたパイロットシンボルは、受信されたデータシンボルの伝送路歪、時間同期ずれ、周波数ずれ及び残留位相誤差の補償に用いられることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

第2の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、パイロットシンボルを構成するサブキャリアは、全てが所定の振幅と位相を有するパイロットキャリアであることを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

このように、第2の発明において、1シンボルあたりのサブキャリアの数は、シンボル長に影響を与えない。したがって、サブキャリア全てを含んでいても、伝送速度は低下せず、さらに精度よく位相誤差を修正できるような、OFDM信号の伝送方法を実現することができる。

## 【 0 0 1 1 】

第3の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、パイロットシンボルが一つまたは複数のデータシンボルの間に周期的に挿入されることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

第4の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、パ



パイロットシンボルが一つまたは複数のデータシンボルの間に不等間隔に挿入されることを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

第 5 の発明は、第 1 の発明における OFDM 信号を伝送する方法であって、パイロットシンボルが複数個連続で挿入されることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

第 6 の発明は、第 1 の発明における OFDM 信号を伝送する方法であって、データシンボルに挿入される間隔および 1 箇所あたりに挿入される前記パイロットシンボルの個数を、伝送路の状況に応じて適応的に変えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

第 7 の発明は、第 1 の発明における OFDM 信号を伝送する方法であって、パイロットシンボルがデータシンボルに挿入される間隔及び 1 箇所あたりに挿入される個数を、送出する OFDM 信号に含まれる制御情報によって示すことができることを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

第 8 の発明は、第 1 の発明における OFDM 信号を伝送する方法であって、伝送路の周波数応答の補償には、最も近いパイロットシンボル相互間の周波数応答の変動量から、時系列直線近似値として算出された補償ベクトルが用いられることを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

第 9 の発明は、受信側へ向けて OFDM 信号を送信する送信装置であって、送信データが入力されて、OFDM データシンボルを生成するデータシンボル生成部と、OFDM パイロットシンボルを生成するパイロットシンボル生成部と、一つまたは複数のデータシンボルの間に、パイロットシンボルが挿入されるように、データシンボル生成部およびパイロットシンボル生成部から入力される信号を切り替えて出力するシンボル選択部とを備える。

## 【 0 0 1 8 】

第 1 0 の発明は、第 9 の発明における送信装置であって、データシンボル生成部は、送信データが入力されて、周波数軸上のデータシンボルを生成する周波数

軸上データシンボル生成部と、周波数軸上データシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含み、パイロットシンボル生成部は、周波数軸上のパイロットシンボルを生成する周波数軸上パイロットシンボル生成部と、周波数軸上パイロットシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含む。

## 【 0 0 1 9 】

第 1 1 の発明は、送信側から送信され、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相を有し、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されるパイロットシンボルとを含んだ OFDM 信号を受信する受信装置であって、受信された OFDM 信号をフーリエ変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された信号からパイロットシンボルを検出し、フーリエ変換部から出力された信号の伝送路の周波数応答変動を補償するの伝送路周波数応答変動補償部と、伝送路の周波数応答変動を補償された信号が入力されて、復調データを出力する復調部とを備える。

## 【 0 0 2 0 】

第 1 2 の発明は、第 1 1 の発明における受信装置であって、周波数応答補償部は、或るパイロットシンボルの伝送路周波数応答値と、最も近いパイロットシンボル相互間の周波数応答差とを用い、受信されたデータシンボルの周波数応答が所定の周波数応答に一致するような補償ベクトルを算出して補償することを特徴とする。

## 【 0 0 2 1 】

第 1 3 の発明は、第 1 1 の発明における受信装置であって、補償ベクトル値は、最も近いパイロットシンボル相互間の周波数応答差から、時系列直線近似値として算出されることを特徴とする。

## 【 0 0 2 2 】

第 1 4 の発明は、第 1 1 の発明における受信装置であって、伝送路周波数応答補償部は、任意のパイロットシンボルである第 1 のパイロットシンボルと、当該第 1 のパイロットシンボルの後に伝送される第 2 のパイロットシンボルとを検出するパイロットシンボル検出部と、第 1 のパイロットシンボルの周波数応答を所

定の周波数応答で除した伝送路の周波数応答を算出する第1パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部と、第2のパイロットシンボルの周波数応答を所定の周波数応答で除した伝送路の周波数応答を算出する第2パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部と、伝送路歪、時間同期ずれ、周波数ずれ及び残留位相誤差を補償するための補償ベクトルを算出する補償ベクトル算出部と、補償ベクトルが入力されてデータシンボルの周波数応答を補償する周波数応答補償部とを備える。

### 【0023】

#### 【発明の実施の形態】

まず、本発明の一実施形態に係る伝送方法を説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る伝送方法において、伝送されるOFDM信号の構成を示す図である。図1に示されるように、所定の周波数成分を有し、その振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルの後には、データシンボルが複数個続く。そして、データシンボルの後には、パイロットシンボルが続く。このように、本発明の一実施形態に係る伝送方法におけるOFDM信号は、1つないし複数のデータシンボルの間に、パイロットシンボルが挿入された構成である。なお、挿入されるパイロットシンボルは1つでもよいし、連続した複数個でもよい。

### 【0024】

ここで、OFDM信号はいくつかのサブキャリアを含むが、パイロットシンボルは、所定のサブキャリアを全て含んでもよいし、そのいくつかを含んでもよい。もっとも、1シンボルあたりのサブキャリアの数は、シンボル長に影響を与えない。したがって、サブキャリア全てを含んでも、シンボル長は変わらないので、伝送速度は低下せず、さらに精度よく周波数応答変動を修正できる。よって、本発明の一実施形態に係る伝送方法において、パイロットシンボルは、サブキャリア全てを含むのが好ましい。

### 【0025】

また、前述のように、OFDM信号の伝送において、送信機は、受信機との同期をとるために、1シンボル長よりも長い時間長を有するプリアンブル部を、送信する信号に挿入することが多い。図1において、プリアンブル部は、伝送開始

時に挿入されてもよいし、適宜の間隔で挿入されてもよい。もっとも、プリアンブル部を頻繁に挿入すれば、精度よく周波数応答変動を修正できる反面、伝送速度が著しく低下する。したがって、本発明の一実施形態に係る伝送方法によれば、プリアンブル部は、伝送開始時に挿入されるか、少ない頻度で挿入されるのが好ましい。プリアンブル部に、パイロットシンボルのデータシンボルへの挿入間隔や個数を制御情報として含ませておけば、受信側でパイロットシンボルとデータシンボルを区別することができる。なお、制御情報は第1パイロットの後でもよい。通常のOFDM信号として、誤りなく復調できる。

## 【 0 0 2 6 】

こうして、送信側において、パイロットシンボルは、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されて、データシンボルとともに送信され、上述のようなOFDM信号が伝送される。その後、受信側において、パイロットシンボルを用いて、精度良く伝送路の周波数応答を推定する。

## 【 0 0 2 7 】

この推定結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた2つのパイロットシンボル相互間の伝送路周波数応答の差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの周波数応答を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下においても、正確にデータシンボルを復調することができる伝送方法を実現できる。

## 【 0 0 2 8 】

なお、2つのパイロットシンボル間のデータシンボルの伝送路周波数応答の補償は、2つのうち時間的に前にあるパイロットシンボルのみで行ってもよい。そうすれば、後にあるパイロットシンボルを受信しなくてもデータシンボルの伝送路周波数応答を補償できる。

## 【 0 0 2 9 】

ここで、図1(a)において、データシンボルの前のパイロットシンボルを第1のパイロットシンボルとし、データシンボルの後に続くパイロットシンボルを第2のパイロットシンボルとする。また、第1のパイロットシンボルと第2のパイロットシンボルとの時間的な間隔は、伝送路の変動が小さい場合は、パイロット

シンボルを挿入する間隔を長くし、伝送路の変動が大きい場合は、パイロットシンボル間での伝送路の変動が直線的な変動になる程度に、挿入する間隔を短くする。このように、パイロットシンボルを挿入する間隔を伝送路の状況に応じて適応的に変えることによって伝送効率がよくなる。なお、挿入されるパイロットシンボルは周期的でもよいし、不等間隔でもよい。パイロットシンボルが周期的に挿入されれば、受信する際にパイロットシンボルの時間的位置を見出すのが容易になり、不等間隔に挿入されれば、伝送路の変化の速さに応じた間隔を選ぶことができる。ただし、図 1 (b) に示すように第 1 パイロットシンボルの直後に、パイロットシンボルを挿入する間隔及び個数を示す制御情報を含んだ制御情報シンボルを挿入し、受信側でパイロットシンボルとデータシンボルとを区別することができるようにしておく。制御情報は第 1 パイロットシンボルで推定した伝送路周波数応答をもとに復調することができる。以下において、データシンボルの数を  $M$  個とし、1 シンボルあたりのサブキャリアの数を  $N$  個とする。なお、第 1 パイロットシンボルは第 1 パイロットシンボル部分での伝送路周波数応答の推定精度を向上させるために、図 1 (c) に示すように、2 つのパイロットシンボルを挿入し、求めてもよい。また、図 1 (d) に示すように、挿入されるパイロットシンボルは 2 つでもよいし、また、2 つ以上の複数個連続されして挿入してもよい。

#### 【 0 0 3 0 】

以上のような構成の OFDM 信号は、例えば、次のような送信装置によって生成することができる。図 2 は、本発明の一実施形態に係る送信装置の構成を示した模式図である。

#### 【 0 0 3 1 】

図 2 において、本送信装置は、入力された送信データからデータシンボルを生成する OFDM データシンボル生成部 1 と、前述のような所定の周波数成分を有し、その周波数応答が所定のパターンを有するパイロットシンボルを生成する OFDM パイロットシンボル生成部 2 と、OFDM データシンボル生成部 1 および OFDM パイロットシンボル生成部 2 からの 2 つの信号が入力され、それらのいずれかの信号を選択して出力するシンボル選択部 3 と、シンボル選択部 3 から出力されたデジタルデータをアナログデータに変換して、送信信号を出力する D/A

A変換部4とを備える。

【0032】

また、図3は、本発明の一実施形態に係る送信装置における、OFDMデータシンボル生成部1およびOFDMパイロットシンボル生成部2の詳細な構成を示したブロック図である。図3(a)において、OFDMデータシンボル生成部1は、周波数軸上データシンボル生成部11と、逆フーリエ変換部12とを備える。また、図3(b)において、OFDMパイロットシンボル生成部2は、周波数軸上パイロットシンボル生成部21と、逆フーリエ変換部22とを備える。

【0033】

ここで、図2において、送信したいデータは、OFDMデータシンボル生成部1に入力される。入力されたデータは、データシンボルへ変換されて、シンボル選択部3に入力される。

【0034】

より詳細には、図3(a)において、送信したいデータは、まず、周波数軸上データシンボル生成部11に入力される。周波数軸上データシンボル生成部11は、周波数軸上において所定の間隔で配列された多くのデータキャリアにより構成される、周波数軸上データシンボルを出力する。この周波数軸上データシンボルは、逆フーリエ変換部12によって、逆フーリエ変換され、時間軸上に配列されたOFDMデータシンボルへ変換される。変換されたOFDMデータシンボルは、シンボル選択部3に入力される。

【0035】

一方、前述のような所定の周波数成分を有し、その周波数応答が所定のパターンを有するパイロットシンボルは、OFDMパイロットシンボル生成部2によって生成され、シンボル選択部3に入力される。

【0036】

より詳細には、図3(b)において、周波数軸上パイロットシンボル生成部21によって、周波数軸上において所定の間隔で配列された多くのパイロットキャリアにより構成される、周波数軸上パイロットシンボルが出力される。この周波数軸上パイロットシンボルは、逆フーリエ変換部22によって、逆フーリエ変換



され、時間軸上に配列されたOFDMパイロットシンボルへ変換される。変換されたOFDMパイロットシンボルは、シンボル選択部3に入力される。

【0037】

シンボル選択部3は、上記のように入力された2つの信号のうち、一方の信号を選択して出力する。例えば、シンボル選択部3は、4つのデータシンボル毎に1つのパイロットシンボルが挿入された図1に示されるような信号を出力するものとする。

【0038】

このような場合、シンボル選択部3は、まず、OFDMパイロットシンボル生成部2からの信号を選択する。シンボル選択部3は、パイロットシンボルが1つ分出力され終わるタイミングで、OFDMデータシンボル生成部1からの信号を選択する。その後、シンボル選択部3は、データシンボルが4つ分出力され終わるタイミングで、OFDMパイロットシンボル生成部2からの信号を選択する。さらに、シンボル選択部3は、パイロットシンボルが1つ分出力され終わるタイミングで、再び、OFDMデータシンボル生成部1からの信号を選択する。そして、シンボル選択部3は、次々と、上記と同様に選択する信号を切り替えていけば、図1に示されるようなOFDM信号を連続的に出力することができる。

【0039】

以上のようにして、シンボル選択部3から出力された信号は、D/A変換部4に入力される。D/A変換部4は、入力された信号を、デジタルデータからアナログデータへ変換し、送信信号として出力する。

【0040】

このように、本発明の一実施形態に係る送信装置は、所定の周波数成分を有し、振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを、所定数のデータシンボル毎に挿入する。このような送信装置を用いることによって、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良くデータシンボルの周波数応答の変動を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを伝送することができる。

【0041】



次に、図4は、本発明の一実施形態に係る受信装置の構成を示した模式図である。図4において、本受信装置は、入力された受信信号をフーリエ変換するフーリエ変換部5と、フーリエ変換部5から出力された信号の周波数応答の変動を補償する伝送路周波数応答補償部6と、伝送路周波数応答補償部6から出力された信号を復調する復調部7とを備える。

## 【0042】

図4において、フーリエ変換部5は、各シンボルをフーリエ変換し、周波数領域のデータを出力する。出力されたデータは、伝送路周波数応答補償部6によって、伝送路の周波数応答の変動が除去される。さらに、周波数応答変動が除去されたデータは、復調部7によって、データシンボルとして復調される。

## 【0043】

次に、図5は、本発明の一実施形態に係る受信装置における周波数応答補償部の構成を詳細に示した模式図である。図5において、本受信装置における周波数応答補償部6は、フーリエ変換部5から出力された信号からパイロットシンボルを検出するパイロットシンボル検出部61と、パイロットシンボル検出部61から出力された第1パイロットシンボルを参照パイロットシンボルで除した値を算出する第1パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部62と、

パイロットシンボル検出部61から出力された第2パイロットシンボルを参照パイロットシンボルで除した値を算出する第2パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部63と、第1パイロットシンボル伝送路周波数応答差算出部62とパイロットシンボル間周波数応答差算出部63からの出力が入力されて補償ベクトルを算出する補償ベクトル算出部64と、補償ベクトル算出部64からの出力に基づいてパイロットシンボル検出部61から出力された信号の周波数応答を補償させる周波数応答補償部65とを備える。

## 【0044】

図5において、パイロットシンボル検出部61は、フーリエ変換された周波数領域のデータから、パイロットシンボルを検出する。第1パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部62は、第1パイロットシンボルに含まれるサブキャリアを、受信装置内に設けられたメモリ等（図示されていない）に格納されている参

照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアで除算し、伝送路の周波数応答を推定する。

## 【0045】

このメモリに格納されている参照パイロットシンボルは、受信時に、全く周波数応答誤差がない状態と同様の、理想的なパイロットシンボルである。したがって、第1パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの周波数応答を、参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアで除算すれば、伝送路の周波数応答を求めることができる。

## 【0046】

図6は、P1の複素振幅を有する第1パイロットシンボルに含まれるサブキャリアと、Prの複素振幅を有する参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアとを表した模式図である。第1パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部62は、図6(a)に示されるような、第1パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの複素振幅P1を、図6(b)に示されるような、受信側のメモリに格納されている参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの複素振幅Prで除算し、伝送路の周波数応答Paを算出する。その算出式は、次式のようにになる。

## 【0047】

## 【数1】

$$P_a(i) = P_1(i) \div P_r(i)$$

## 【0048】

ただし、iは、1からNまでの任意の整数である。なお、挿入されるパイロットシンボルが連続した複数個である場合には、各パイロットシンボルの伝送路周波数応答を平均化することにより、より正確にパイロットシンボルの伝送路周波数応答を推定することができる。

## 【0049】

図5において、第2パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部63、第2パイロットシンボルに含まれるサブキャリアを、受信装置内に設けられたメモリ等に格納されている参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアで除算し、第

2パイロットシンボルにおける伝送路の周波数応答を推定する。

【0050】

図7は、 $P_2$ の複素振幅を有する第2パイロットシンボルに含まれるサブキャリアと、 $P_r$ の複素振幅を有する参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアとを表した模式図である。第2パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部62は、図7(a)に示されるような、第2パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの複素振幅 $P_2$ を、図7(b)に示されるような、受信側のメモリに格納されている参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの複素振幅 $P_r$ で除算し、伝送路の周波数応答 $P_b$ を算出する。その算出式は、次式のようになる。

【0051】

【数2】

$$P_b(i) = P_2(i) \div P_r(i)$$

【0052】

ただし、 $i$ は、1から $N$ までの任意の整数である。なお、挿入されるパイロットシンボルが連続した複数個である場合には、各パイロットシンボルの伝送路周波数応答を平均化することにより、より正確にパイロットシンボルの伝送路周波数応答を推定することができる。

【0053】

補償ベクトル算出部64は、第1パイロットシンボルから第2パイロットシンボルの間に存在する各データシンボルに対する補償ベクトル $V_d$ を、第1パイロットシンボル伝送路周波数応答 $P_a$ と、第2パイロットシンボル伝送路周波数応答 $P_b$ から得られる直線近似によって求める。ここで、直線近似によって求めるのは、伝送路の変動が直線的になるように、短い間隔でパイロットシンボルを挿入しており、また、周波数ずれによる位相変動が時系列において線形性を有するからである。したがって、直線近似によれば、線形的に正確な補償をすることができる。

【0054】

図8は、第1パイロットシンボルから第2パイロットシンボルの間に存在する

各データシンボルに対する補償ベクトル  $V_d$  を縦軸に、各シンボルの番号すなわち時間を横軸にとって、その関係を表したグラフである。図 8 に示されるように、各データシンボルに対する補償ベクトル  $V_d$  は、パイロットシンボル間周波数応答差  $P_b$  から、直線近似により求めうることがわかる。

【0055】

ここで、第 1 パイロットシンボルから第 2 パイロットシンボルの間に存在する或るデータシンボルを  $k$  とし、 $k$  は、1 から  $M$  までの任意の整数であるとする。このとき、第 1 パイロットシンボルから第 2 パイロットシンボルの間に存在するデータシンボル数は、 $M$  個となる。以上を前提として、上述の直線近似により、各データシンボルに対する補償ベクトル  $V_d$  を算出する数式は、次式のように表すことができる。

【0056】

【数 3】

$$V_k(i) = Pa(i) + \frac{Pb(i) - Pa(i)}{M+1} \times k$$

【0057】

ただし、 $k$  は 1 から  $M$  までの任意の整数である。

【0058】

次に、周波数応答補償部 65 は、以上のようにして求めた補償ベクトルによって、第 1 パイロットシンボルから第 2 パイロットシンボルの間に存在する各データシンボルに含まれるサブキャリアの周波数応答を補償する。

【0059】

図 9 は、第  $k$  データシンボルにおける周波数応答の補償の様子を表した模式図である。各データシンボルに含まれるサブキャリアの周波数応答は、図 9 に示すように求めた補償ベクトルから、次式のように補償される。

【0060】

【数 4】

$$C'_k(i) = C_k(i) / V_k(i)$$

## 【 0 0 6 1 】

以上のデータシンボルの周波数応答の補償は、第 1 パイロットシンボルから第 2 パイロットシンボルの間に存在する  $k$  個のデータシンボルに対して行われる。従って、実際には、これらのデータシンボルは一旦、例えば、受信装置に設けられた、図示されていないデータシンボル記憶部に保存される。補償ベクトルが算出された後、当該データシンボル記憶部に保存されていたデータシンボルが読み出され、これに対して、周波数応答補償が行われることになる。

## 【 0 0 6 2 】

以上のように、パイロットシンボルに含まれるサブキャリア各々の伝送路変動によってうけた周波数応答の変動を補償する補償ベクトルを算出することができる。この点で、各データシンボルにパイロットキャリアを挿入する従来例の方式よりも、全サブキャリアに対して補償ベクトルを算出することができる。なぜなら、従来方式によって挿入されるパイロットキャリアの数は、全サブキャリアの数と比較して、極めて少ないので、従来方式では、全周波数帯にわたって正確に伝送路の周波数応答変動を算出することができないからである。

## 【 0 0 6 3 】

このようにして、周波数応答補償部 6 5 は、入力されたデータの伝送路の周波数応答の変動を除去する。

## 【 0 0 6 4 】

伝送路の変動がパイロットシンボル間で直線的な変動であるとみなせる場合、直線近似値を用いてパイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。また、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的に正確な補償をすることができる。

## 【 0 0 6 5 】

## 【 発明の効果 】

本発明においては、送信側で所定の周波数成分を有し、サブキャリアの振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入する。受信側では、パイロットシンボルを用いて精度良く伝送路の周波数

応答を推定する。この推定結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた2つのパイロットシンボル相互間の周波数応答差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの周波数応答変動を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも、正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【0066】

また、第2の発明において、1シンボルあたりのサブキャリアの数は、シンボル長に影響を与えない。したがって、サブキャリア全てを含んでいても、伝送速度は低下せず、さらに精度よく位相誤差を修正できるような、OFDM信号の伝送方法を実現することができる。

## 【0067】

また、第3の発明において、パイロットシンボルが周期的に挿入されれば、受信する際にパイロットシンボルの時間的位置を見出すのが容易になる。

## 【0068】

また、第4の発明において、パイロットシンボルが不等間隔に挿入されれば、伝送路の変化の速さに応じた間隔を選ぶことができる。

## 【0069】

また、第5の発明において、パイロットシンボルが複数個連続で挿入されれば、受信側での伝送路の周波数応答の推定精度が向上し、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも、より正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【0070】

また、第6の発明において、伝送路の状況に応じて適応的に変えることで伝送効率が向上する。

## 【0071】

また、第7の発明において、送信信号に制御情報として、パイロットシンボルがデータシンボルに挿入される間隔及び1箇所あたりに挿入する個数を含むことで、受信側では制御情報をもとにパイロットシンボルとデータシンボルを区別して復調することができる。

## 【 0 0 7 2 】

また、第 8 の発明において、直線近似値を用いてパイロットシンボル間のデータシンボルの周波数応答変動を補償する。そうすれば、パイロットシンボル間の伝送路周波数応答や、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的に正確な補償をすることができる。

## 【 0 0 7 3 】

また、第 9 の発明において、送信装置が、所定の周波数成分を有し、振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを、所定数のデータシンボル毎に挿入する。次に、受信側でパイロットシンボルを用いて精度良くデータシンボルの周波数応答の変動を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを伝送することができる。

## 【 0 0 7 4 】

また、第 1 0 の発明において、送信装置が、所定の周波数成分を有し、サブキャリアの振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルと、データシンボルとを、まず周波数軸上の信号として生成し、逆フーリエ変換する。そうすれば、簡易な構成で OFDM 信号を生成することができ、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも簡易な構成で正確にデータシンボルを伝送することができる。

## 【 0 0 7 5 】

また、第 1 1 の発明において、送信側で所定の周波数成分を有し、サブキャリアの振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入し、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良く周波数応答変動量を検出する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【 0 0 7 6 】

また、第 1 2 の発明において、送信側で所定の周波数成分を有し、サブキャリアの振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入し、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良く伝送路周



波数応答を推定する。この結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた2つのパイロットシンボル相互間の周波数応答差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの周波数応答変動を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【0077】

また、第13の発明において、直線近似値を用いてパイロットシンボル間のデータシンボルの周波数応答変動を補償する。そうすれば、伝送路変動が挿入されるパイロットシンボル間で直線的な変動とみなせる場合、線形的に正確な補償をすることができる。また、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的な補償の効果が発揮される。

## 【0078】

また、第14の発明において、送信側において、所定の周波数成分を有し、振幅と位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入する。受信側において、受信信号からはじめに検出される第1のパイロットシンボルと第2のパイロットシンボルを、受信側で用意される所定の参照パイロットシンボルで除算し、第1と第2のパイロットシンボルの伝送路の周波数応答を求める。次に、第1パイロットシンボルの伝送路周波数応答と第2パイロットシンボルの伝送路周波数応答との差を求める。このパイロットシンボル間の伝送路周波数応答差から、データシンボルに対する補償ベクトルを求めることができる。したがって、正確にデータシンボルの伝送路歪、時間同期ずれ、周波数ずれ及び残留位相誤差を補償することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の一実施形態に係る伝送方法における、OFDMシンボルの構成図

## 【図2】

本発明の一実施形態に係る送信装置の構成を示すブロック図

## 【図3】

本発明の一実施形態に係る送信装置におけるOFDMデータシンボル生成部お

よびOFDMパイロットシンボル生成部の構成を示すブロック図

【図 4】

本発明の一実施形態に係る受信装置の構成を示すブロック図

【図 5】

本発明の一実施形態に係る受信装置における周波数応答補償部の構成を示すブロック図

【図 6】

第 1 パイロットシンボルおよび参照シンボルにおけるサブキャリアについて説明する模式図

【図 7】

第 2 パイロットシンボルおよび参照シンボルにおけるサブキャリアについて説明する模式図

【図 8】

第 1 と第 2 のパイロットシンボル間伝送路周波数応答の差から、直線近似によって補償ベクトルを算出することができることを示す図

【図 9】

データシンボルに含まれるサブキャリアに対する周波数応答補償について説明する模式図

【符号の説明】

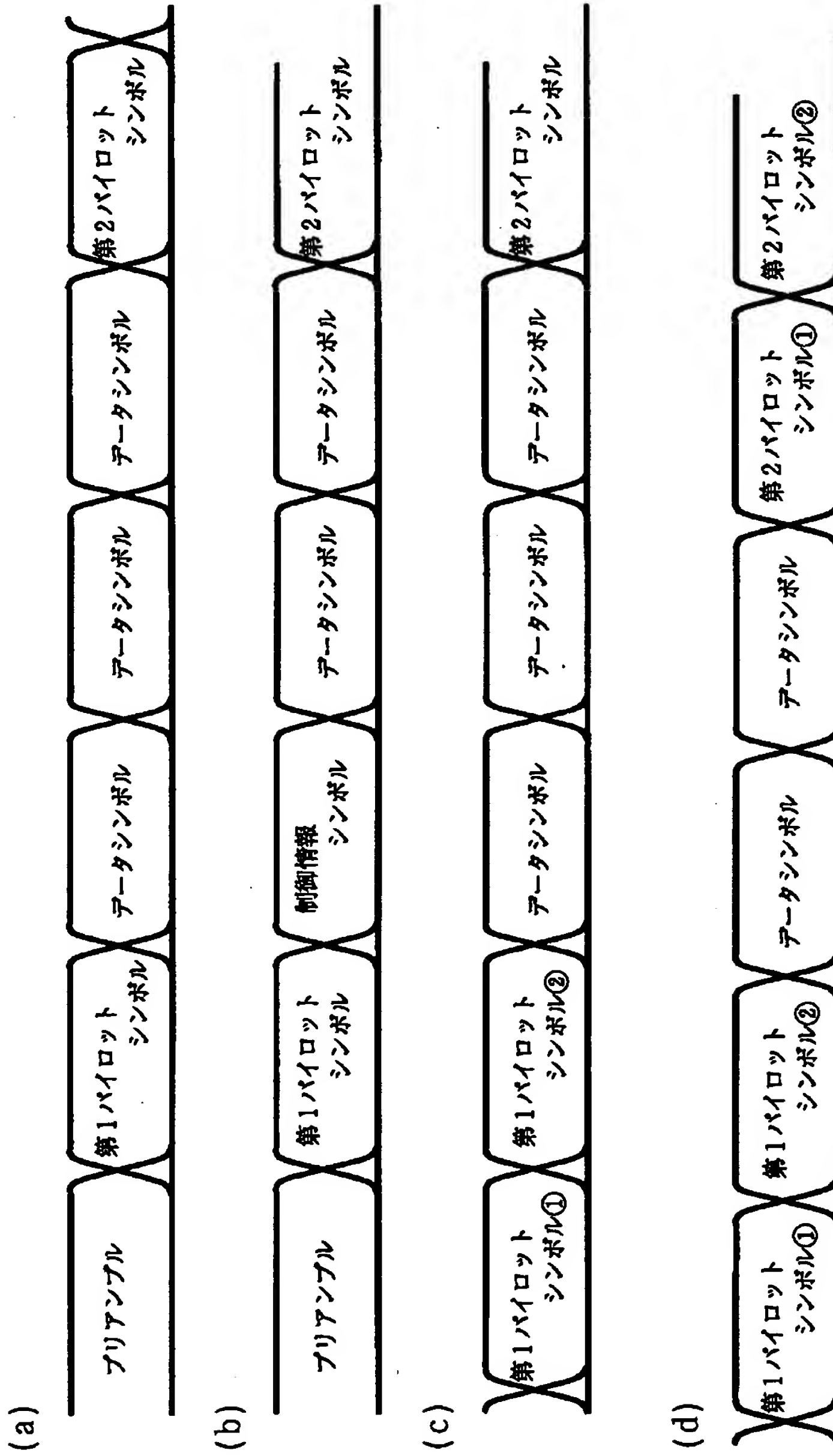
- 1 OFDMデータシンボル生成部
- 2 OFDMパイロットシンボル生成部
- 3 シンボル選択部
- 4 D/A変換部
- 5 フーリエ変換部
- 6 伝送路周波数応答補償部
- 7 復調部
- 1 1 周波数軸上データシンボル生成部
- 1 2 逆フーリエ変換部
- 2 1 周波数軸上パイロットシンボル生成部

- 2 2 逆フーリエ変換部
- 6 1 パイロットシンボル検出部
- 6 2 第 1 パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部
- 6 3 第 2 パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部
- 6 4 補償ベクトル算出部
- 6 5 周波数応答補償部

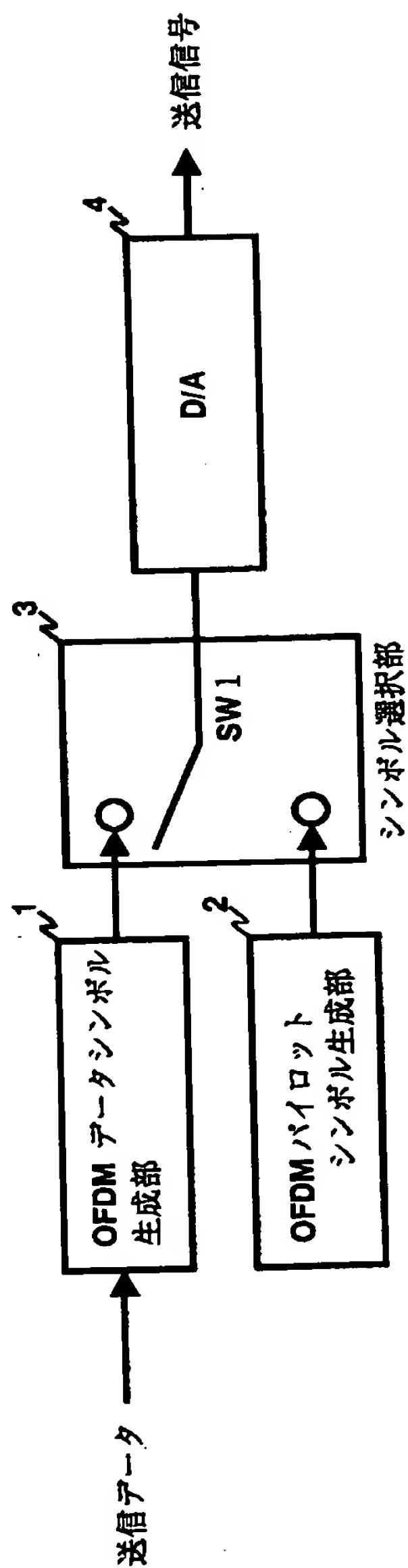
【書類名】

図面

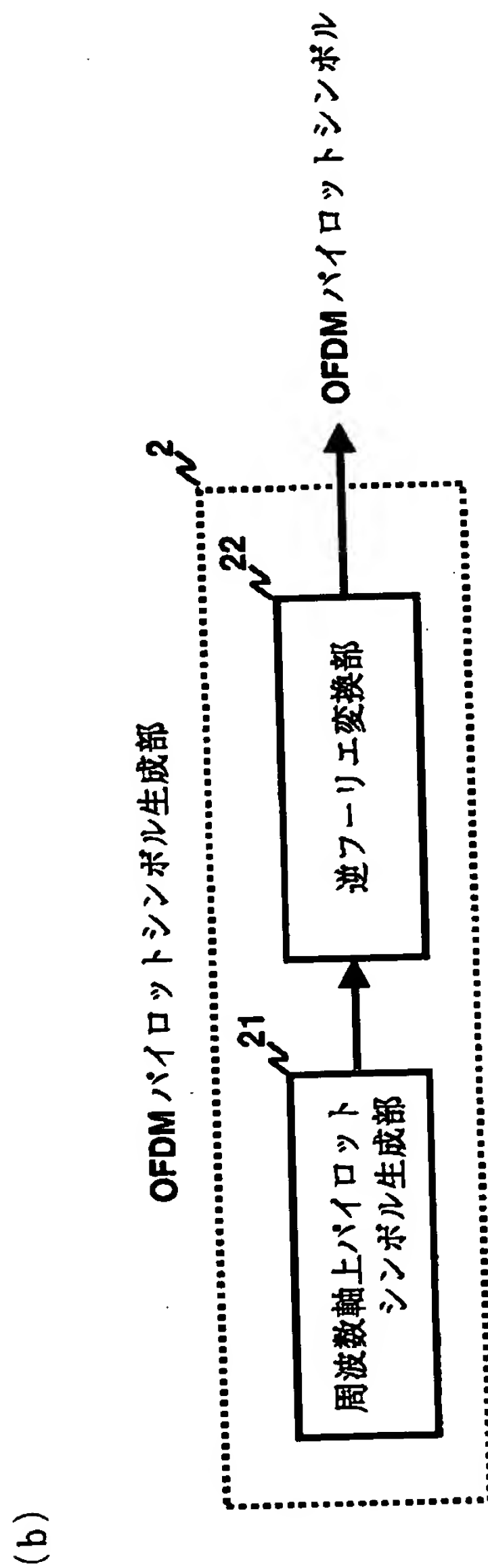
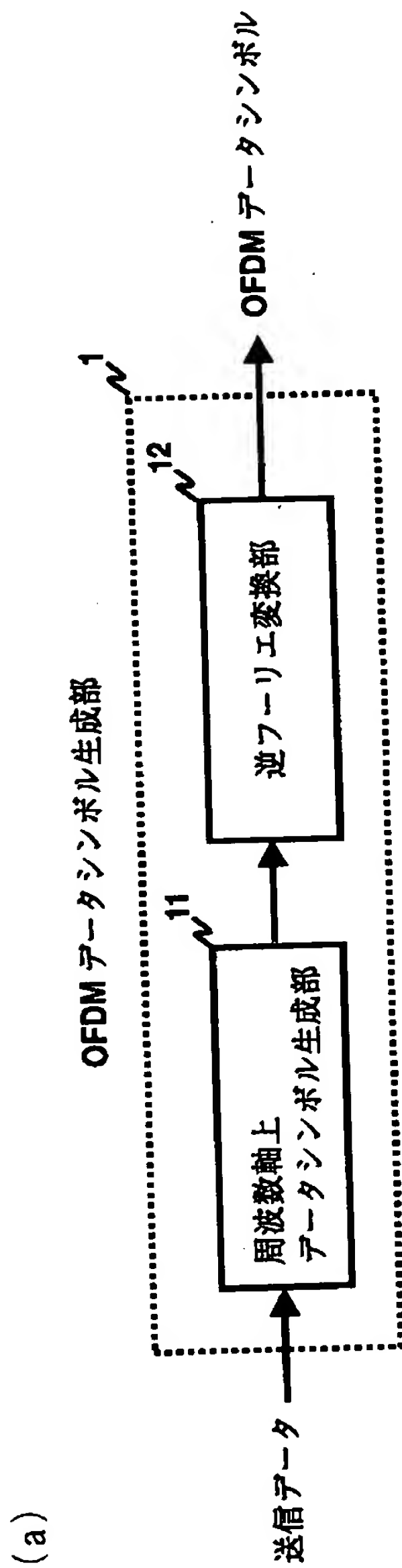
【図 1】



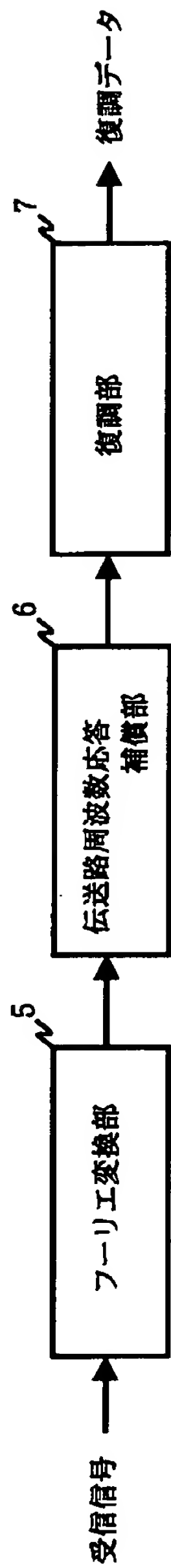
【図 2】



【図 3】

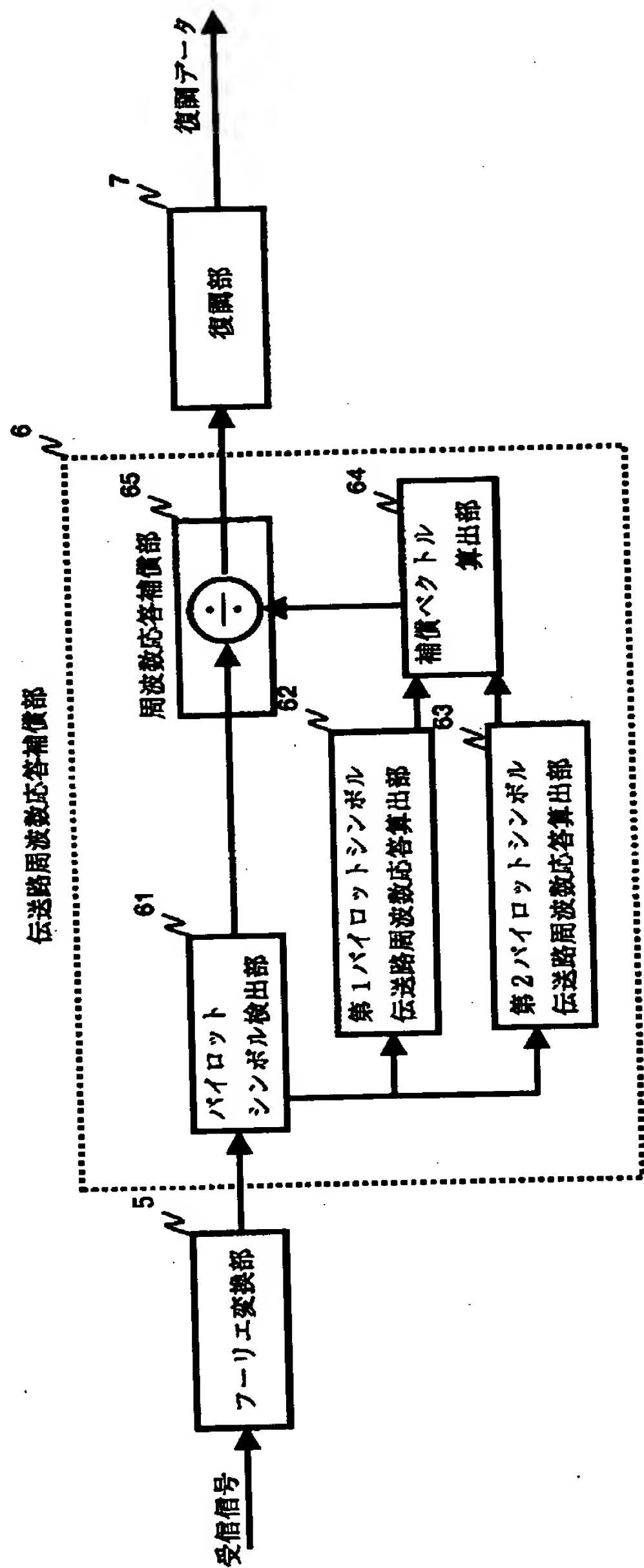


【図 4】

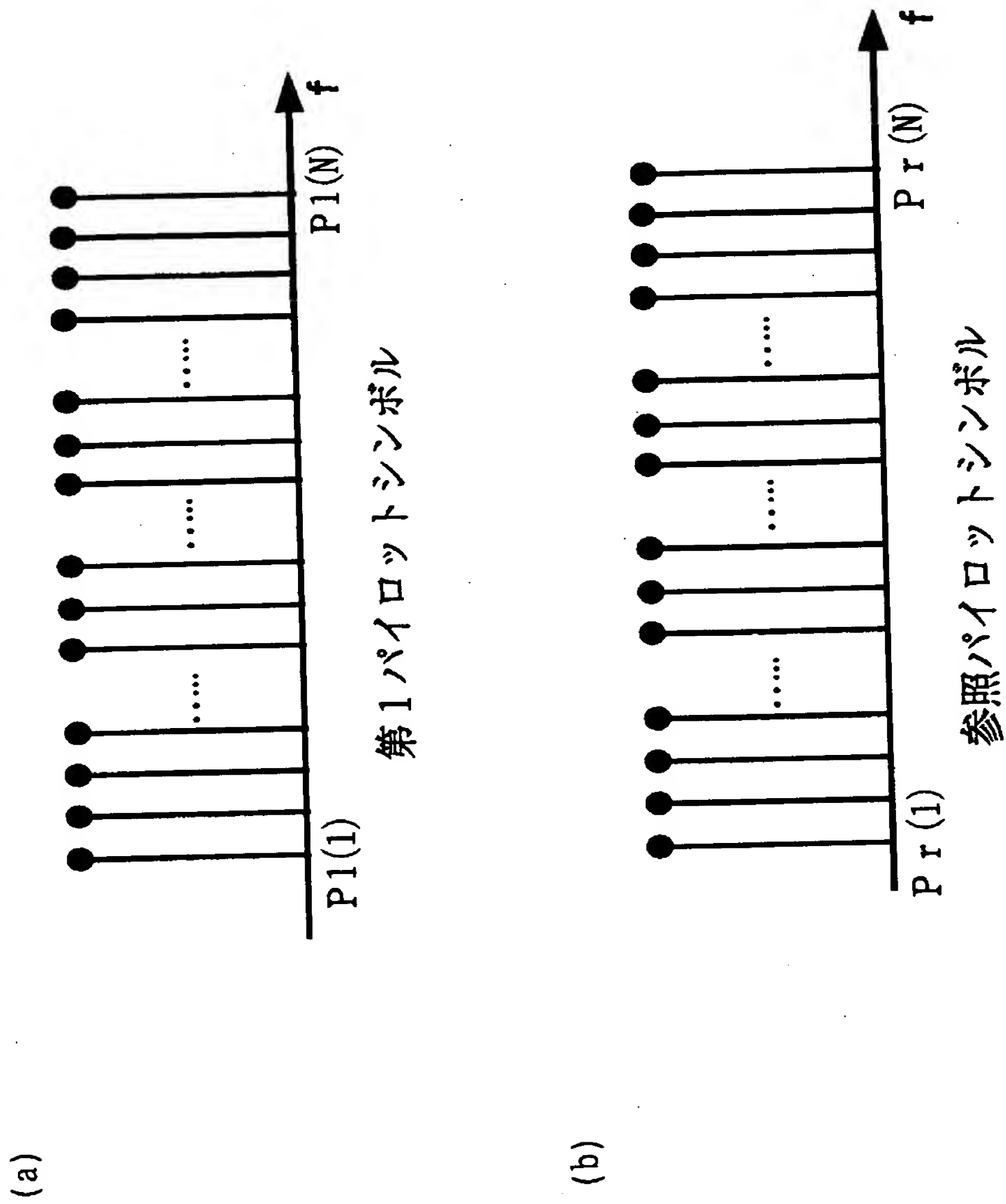




【図 5】

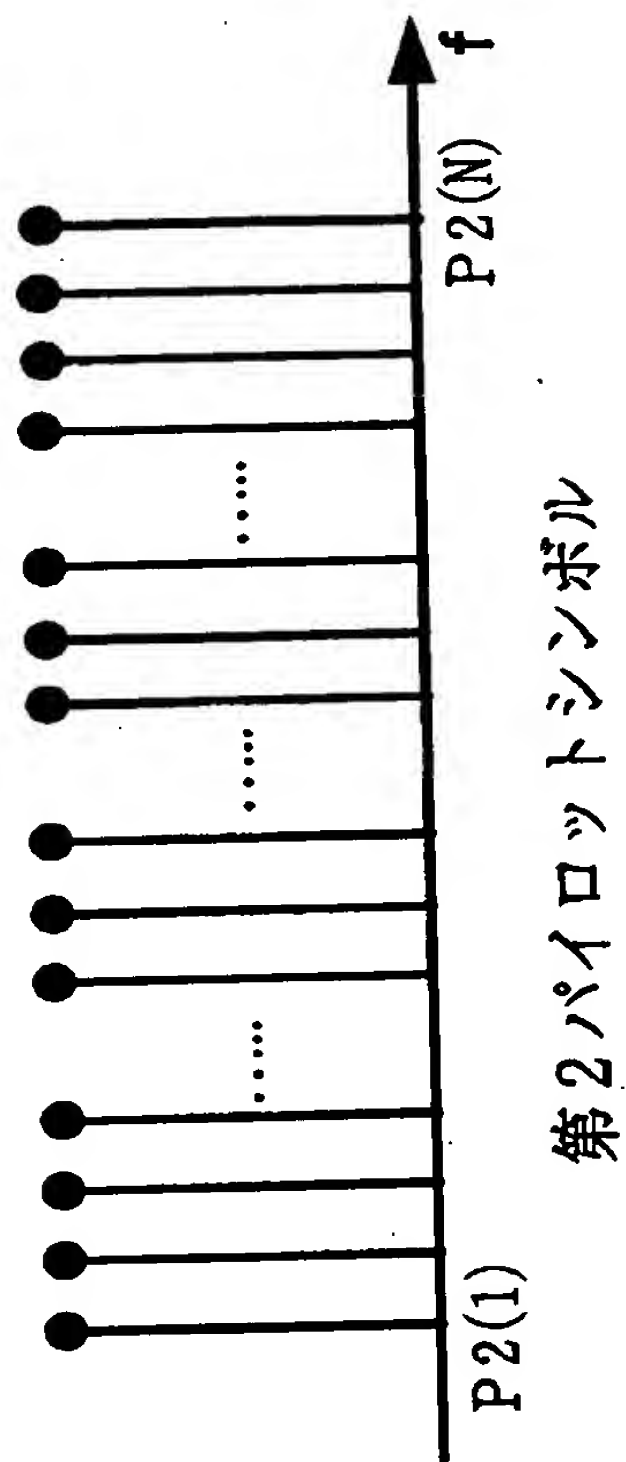


【図 6】

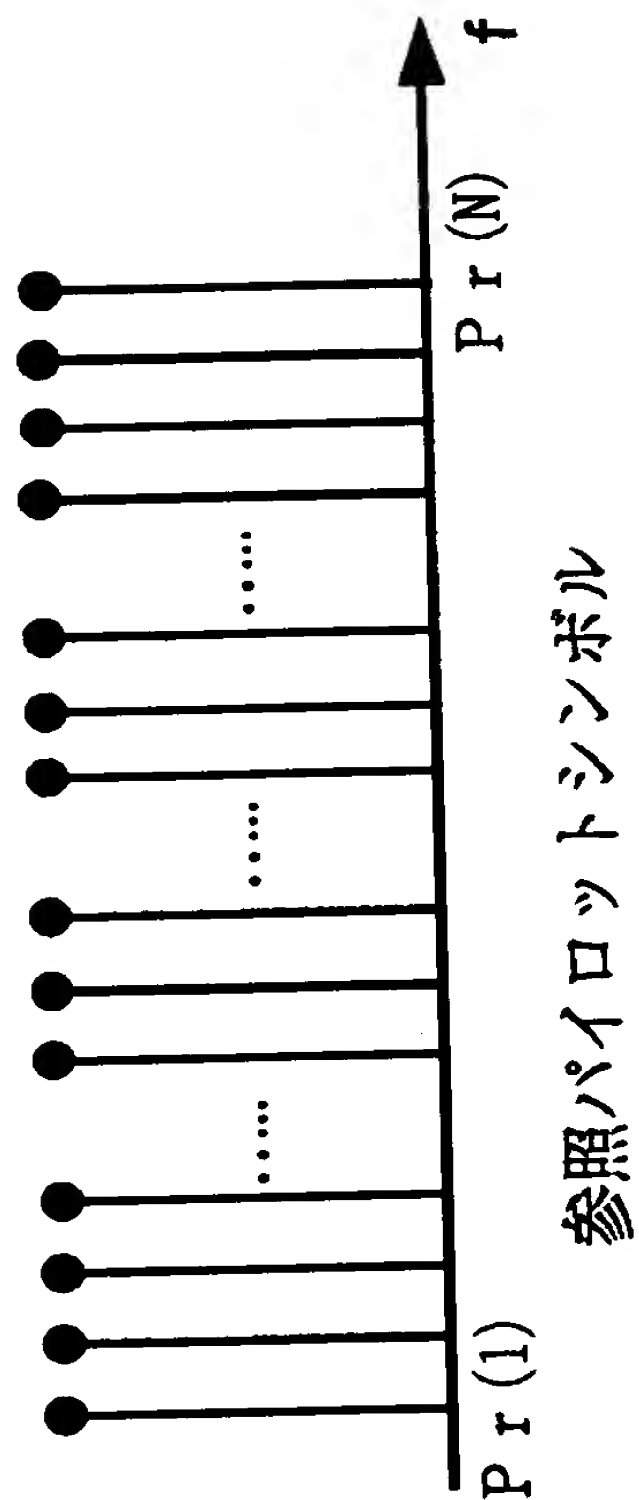


【図 7】

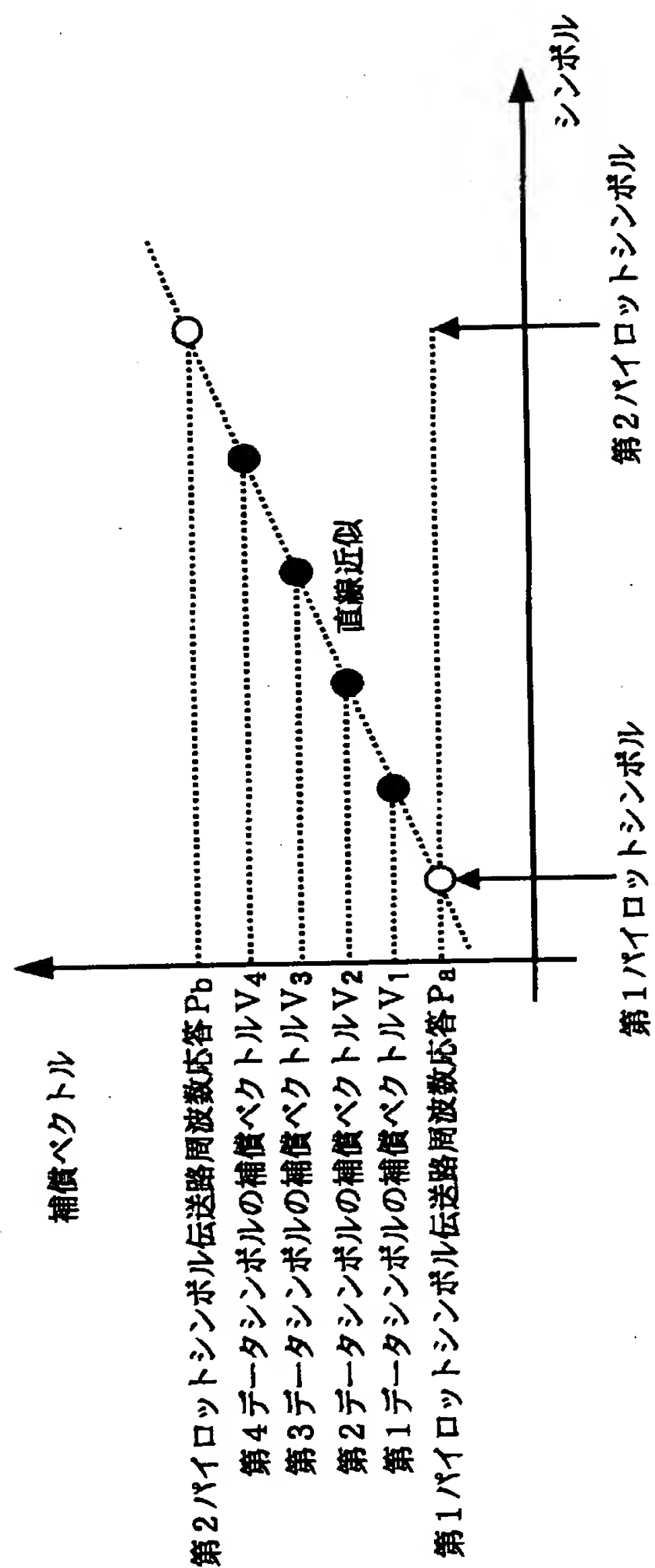
(a)



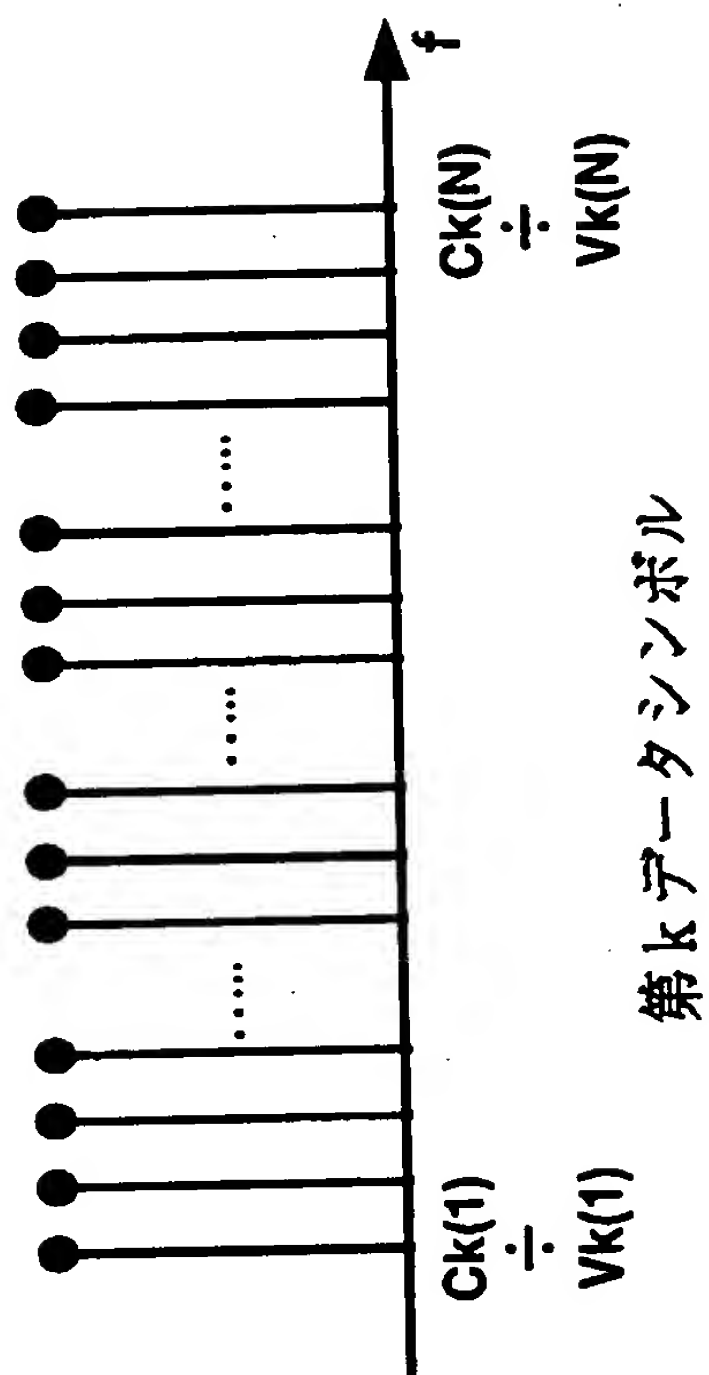
(b)



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 OFDM方式における、伝送路歪、時間同期ずれ、及び送信側と受信側との間の周波数ずれ、受信機の局部発振器の位相ノイズに起因する時間的な周波数応答変動を補償し、復調特性を改善する。

【解決手段】 OFDM信号を受信する受信装置のパイロットシンボル検出部61は、パイロットシンボルを検出する。第1パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部62は、第1パイロットシンボルの伝送路周波数応答を求め、第2パイロットシンボル伝送路周波数応答算出部63は、第2パイロットシンボルの伝送路周波数応答を求める。さらに、補償ベクトル算出部64は、データシンボルの周波数応答を求めた第1と第2のパイロットシンボル伝送路周波数応答から直線近似により補償ベクトルを求める。周波数応答補償部65は、求められた補償ベクトルをもとに、データシンボルのサブキャリアの周波数応答を補償する。

【選択図】 図5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社